Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences | Science
Région du Pacifique
Secrétariat canadien de consultation scientifique
Avis scientifique 2013/065

ÉLÉMENTS CLÉS DE L'ÉLABORATION D'UN SYSTÈME DE CLASSIFICATION HIÉRARCHIQUE DE L'ÉCOLOGIE MARINE À L'APPUI D'APPROCHES ÉCOSYSTÉMIQUES DE GESTION DANS LE CANADA PACIFIQUE

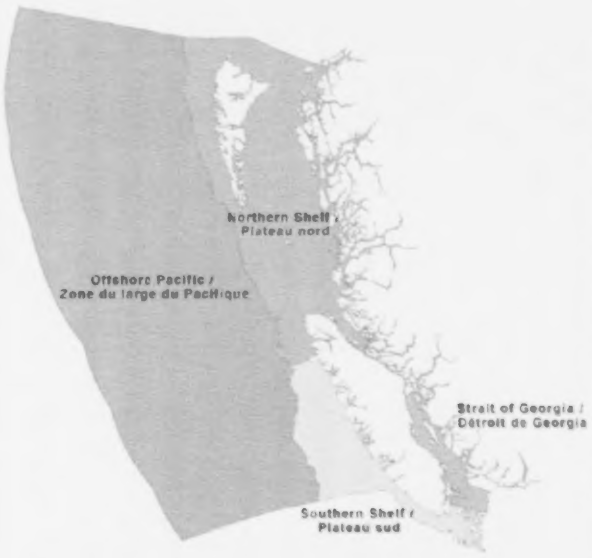

Figure 1. Unités biogéographiques des eaux canadiennes de l'océan Pacifique. Les quatre unités sont délimitées comme suit : plateau nord, détroit de Georgia, plateau sud et zone du large du Pacifique. Tiré de (MPO 2009).

Contexte

Pêches et Océans Canada a déterminé 12 unités biogéographiques majeures pour les trois océans du Canada (quatre dans le Pacifique, cinq dans l'Arctique et trois dans l'Atlantique) différentiées à un haut niveau dans la hiérarchie des unités géographiques dont l'échelle peut être réduite (ou agrandie) en unités plus petites (ou plus grandes), tout en demeurant significatives sur le plan écologique. Le niveau de sous-divisions du système de classification biogéographique sera déterminé par les objectifs stratégiques ou de gestion. L'élaboration des systèmes de classification biogéographique s'inscrit dans le contexte de l'appui, par le Canada, de l'adoption de la décision IX/20 de la neuvième Conférence des Parties (CdP) de la Convention sur la diversité biologique (CDB) sur la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité des aires marines au-delà des zones de juridiction nationale et l'application de directives scientifiques et de conseils techniques pour la mise sur pied de réseaux d'AMP.

Les membres du personnel de Gestion des océans et des écosystèmes ont demandé de prévoir l'établissement d'un cadre biogéographique visant à découper les quatre principales biorégions des eaux canadiennes du Pacifique en unités de sous-biorégions significatives sur le plan écologique. Cet avis ainsi que les directives fournies en la matière seront employés pour éclairer les approches écosystémiques de la gestion adoptées par Pêches et Océans Canada, pour appuyer la mise en place d'un réseau cohérent de zones de protection marine dans la région du Pacifique, et pour éclairer la gestion des zones côtières et la planification des activités à l'échelle locale dans les eaux marines canadiennes du Pacifique.

Le présent avis scientifique découle de la réunion régionale d'examen par les pairs tenue du 12 au 14 février 2013 sur le Cadre pour la classification biogéographique qui servira de base à la conception d'un réseau biorégional de zones de protection marine dans la région du Pacifique. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada.

SOMMAIRE

- On a examiné les éléments clés d'un cadre visant à subdiviser les quatre principales biorégions des eaux marines canadiennes du Pacifique en unités plus petites, mais significatives sur le plan écologique. L'avis et les directives à l'égard de l'élaboration d'un cadre biogéographique visent à éclairer les approches écosystémiques de gestion en matière de biodiversité marine, notamment les ressources halieutiques, la mise en place de réseaux cohérents de zones de protection marine (ZPM) dans la région du Pacifique et à contribuer à la gestion des zones côtières ainsi qu'à la planification des activités à l'échelle locale dans les eaux marines canadiennes du Pacifique.
- Les éléments clés d'un cadre biogéographique scientifique comprennent :
  1) la prise en compte de la diversité des espèces et de l'habitat tant dans les milieux pélagiques que benthiques;
  2) la connaissance des objectifs de gestion et des exigences spatiales qui y sont associées;
  3) l'application d'une suite d'outils pour analyser et résumer les données biotiques et abiotiques;
  4) l'identification des sources importantes de données et des lacunes;
  5) l'application d'un système de classification hiérarchique de l'écologie.
- Une version préliminaire du cadre du système de classification de l'écologie marine du Pacifique (SCEMP) a été élaborée au cours de la réunion selon une terminologie et des descriptifs normalisés des milieux pélagiques et benthiques, ainsi que selon des renseignements relatifs à l'étendue spatiale et à la résolution des données pour chaque niveau de la hiérarchie. On s'attend à ce que ce système soit représentatif de la diversité abiotique et biotique des eaux marines canadiennes du Pacifique parce qu'il se fonde sur les systèmes de classification écologique similaires qui ont fait leurs preuves dans des milieux terrestres et d'autres milieux marins.
- L'élaboration du cadre du SCEMP a reposé sur des études de cas et des recommandations d'intervenants expérimentés dans les régions du Pacifique et des Maritimes.
- Au total, 20 études de cas ont été évaluées afin de mieux comprendre les modèles de répartition des espèces, les modèles de répartition abiotiques et les systèmes spécialisés actuellement employés pour décrire la diversité biotique et abiotique dans les milieux pélagiques et benthiques des eaux marines canadiennes du Pacifique, afin de comprendre les exigences relatives aux données et les lacunes de ces systèmes et, enfin, pour déterminer les principaux outils et approches en commun dans les systèmes de classification de l'écologie marine.
- On a reconnu l'importance de saisir et de documenter l'incertitude et les facteurs s'y rapportant (p. ex. distorsion ou manque de données, manque de connaissances) à chaque étape de l'élaboration du cadre.
- Certaines des incertitudes ont été relevées lors de l'examen des études de cas et ont été répertoriées par type de données (bathymétriques, acoustiques, optiques, types de fond, propriétés de l'eau, sondages des facteurs abiotiques et biotiques, imagerie satellitaire, photographique et vidéo). Les procédures visant à traiter certaines de ces questions ont été discutées, mais il sera nécessaire d'élaborer des directives pour veiller à ce que les

incertitudes soient documentées pour chacun des éléments clés au moment des essais et de la mise en place du SCEMP.

- Le SCEMP comprend une hiérarchie à plusieurs niveaux permettant de réduire l'échelle en unités plus petites, allant des biorégions jusqu'aux communautés de micro-organismes ainsi que les échelles spatiales qui leur sont associées (étendue et résolution).
- Bien que l'on s'attend à ce que le système soit principalement utilisé pour réduire l'échelle ou subdiviser les unités biogéographiques en unités plus petites, il n'en demeure pas moins qu'il aura la capacité de fournir une vue d'ensemble à un niveau supérieur aux biorégions.
- On reconnaît que l'adaptabilité du cadre biogéographique à de nouvelles données, aux résultats de nouveaux modèles et à de nouvelles connaissances constitue une importante caractéristique; l'élaboration de directives à l'égard du processus d'intégration de nouveaux renseignements sera nécessaire.
- On recommande que le SCEMP soit considéré comme une directive de Sciences – Région du Pacifique à classifier la diversité biotique et abiotique dans les eaux marines canadiennes du Pacifique au moment où le MPO mettra en place les approches écosystémiques de la gestion.
- On recommande que le rendement du prototype du SCEMP soit évalué au moyen des données existantes et de l'application de mesures appropriées (p. ex. fiabilité et stabilité des résultats). On recommande également l'élaboration d'une méthode visant à intégrer les sources de données dans le prototypage, en tenant compte des meilleures pratiques actuelles à l'égard de l'intégration de modèles, de la définition de l'incertitude ainsi que de l'analyse des lacunes ou du chevauchement (travail de collecte) des données.
- Le MPO mène actuellement une recherche sur les tendances et les prévisions des changements climatiques et on recommande d'y avoir recours lors de l'évaluation du rendement du SCEMP proposé.
- On recommande d'évaluer l'utilité du SCEMP par rapport aux objectifs de gestion à différentes échelles spatiales.
- On recommande l'élaboration d'un programme pilote parallèle visant à évaluer le rendement de plusieurs outils (p. ex. les modèles de prévision des répartitions abiotiques et biotiques) au moyen d'ensembles de données abiotiques et biotiques identiques de haute qualité des eaux marines canadiennes du Pacifique afin de fournir aux utilisateurs du SCEMP des indications sur les choix qu'offrent les modèles.
- Le SCEMP est dense en données et demandera au MPO ainsi qu'à plusieurs partenaires d'en créer les éléments et d'y contribuer, notamment de fournir et d'analyser les données, les produits des données et les modèles.
- D'après une longue expérience en milieu terrestre, les systèmes de classification écologique s'appuient sur des normes communes de collecte, de stockage et de partage de données ainsi que sur une communauté de partenaires. Il sera nécessaire de recourir à de telles normes au moment de la mise en place du système.
- On reconnaît qu'il existe une lacune de coordination de la capacité de planification et de gestion géospatiale du système d'information géographique tant au MPO qu'à l'extérieur chez d'autres partenaires ou organismes. Combler cette lacune sera un important facteur pour la réussite de la mise en œuvre du SCEMP.
- L'avis et les directives découlant du présent examen régional par les pairs constituent des étapes pour respecter les engagements à l'échelle nationale visant la réalisation d'une

conception adéquate du réseau des zones de protection marine dans les eaux marines canadiennes du Pacifique, ainsi que les engagements à l'échelle internationale d'appliquer les critères scientifiques des annexes 1 et 2 de la décision IX/20 au titre de la Convention des Nations Unies sur la diversité biologique.

INTRODUCTION

En juin 2009, le Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) de Pêches et Océans Canada a entrepris un processus de consultation scientifique national visant l'examen des systèmes de classification biogéographiques pour l'éclairer dans l'élaboration d'un cadre et de principes applicables à leur évaluation (MPO 2009). Dans le cadre de cet examen, on a établi 12 unités biogéographiques (écorégions) pour les océans du Canada (quatre dans le Pacifique, cinq dans l'Arctique et trois dans l'Atlantique). Les quatre biorégions des eaux canadiennes du Pacifique sont le détroit de Georgia, le plateau sud, qui inclut le détroit de Juan de Fuca et la côte ouest de l'île de Vancouver jusqu'à la péninsule Brooks, le plateau nord, partant de la péninsule Brooks jusqu'à l'entrée Dixon, qui inclut le bassin de la Reine-Charlotte et le détroit d'Hécate, ainsi que la zone du large du Pacifique, qui inclut la pente continentale et les grands fonds océaniques jusqu'à la limite de 200 milles. Chacune de ces biorégions différentiées à « l'échelle spatiale la plus élevée » peut être découpée ou divisée en unités plus petites, tout en demeurant significatives à plus petite échelle. Le niveau de découpage approprié de ces biorégions à niveau plus élevé dépendra des objectifs de gestion ou des exigences en matière de politique. D'après ces conclusions, dans le cadre du processus de consultation scientifique nationale, on a recommandé des discussions et des directives qui doivent émaner des diverses régions du MPO par l'intermédiaire des processus régionaux officiels.

Le présent rapport résume les discussions et les directives du Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique sur les éléments clés requis pour décrire la diversité biotique et abiotique à plus petite échelle biogéographique en réponse à une demande conjointe de la Direction générale de la gestion des pêches et de l'aquaculture et de la Direction générale de la gestion des écosystèmes. Le présent avis régional et sa directive contribueront à l'atteinte des objectifs de la région du Pacifique en matière de conservation de la biodiversité, de la productivité et de l'habitat, en plus d'être appliqués à la gestion des zones côtières et à la planification des activités à l'échelle locale dans les eaux marines canadiennes du Pacifique. D'autres ministères (Parcs Canada et Environnement Canada), ainsi que la province de Colombie-Britannique, les Premières Nations et d'autres organismes membres de l'Équipe de mise en place d'une zone de protection marine, comptent sur cette directive pour faciliter l'élaboration et la mise en place du réseau des ZPM.

ÉVALUATION

Les questions liées à la gestion des ressources varient selon les besoins en information (étendue et résolution spatiales) allant de celles portant sur l'exploitation marine côtière jusqu'à celles sur la planification régionale. Les renseignements relatifs à la vulnérabilité, la sensibilité et la résistance de la biodiversité, à la diversité de l'habitat et aux propriétés des communautés (diversité écosystémique) doivent être intégrés dans les échelles afin que les changements à la diversité locale puissent être évalués selon des incidences biorégionales et globales et vice versa. Les besoins d'information à l'égard des questions d'échelle biorégionale, comme l'élaboration d'un réseau de ZPM, seront guidés par des objectifs de conservation. Les objectifs de conservation d'un réseau représentatif de ZPM, conçu pour préserver et protéger tant la structure que la fonction des écosystèmes marins, entrent dans trois grandes catégories : la fourniture d'une police d'assurance en cas d'événement catastrophique, une base de référence

pour évaluer le niveau des variations naturelles ainsi que des stocks de reproducteurs pour la réhabilitation d'espèces marines qui seraient touchées (Rice et Houston 2011).

Le point de mire du document de travail consistait à discuter de l'élaboration d'un cadre d'évaluation pour la région du Pacifique afin de contribuer à la planification des ZPM visant la diversité des espèces marines et leur habitat à l'échelle régionale de la côte, contribuer à la gestion de la zone côtière et à la planification d'activités à l'échelle locale. Lorsqu'il sera en place, le but du cadre visera à fournir aux gestionnaires de ressources un plan d'approche collaborative, coordonnée, pragmatique et scientifique pour produire des inventaires et des cartes sur la diversité des espèces marines et de leur habitat à des étendues et à des résolutions spatiales appropriées.

On a établi quatre principales biorégions différentiées à l'échelle maximale pour la gestion pour la région du Pacifique (MPO 2009). Parce qu'il est difficile et coûteux, au plan logistique, d'échantillonner le biote marin à haute résolution (p. ex. échelle de 1 : 5 000) sur une vaste étendue (p. ex. une biorégion), il est nécessaire de comprendre certains des outils accessibles pour décrire la répartition des espèces marines et de leur habitat. Ces outils seront utilisés pour produire des données sur lesquelles la classification écologique et les systèmes de modélisation sont appliqués. Ci-dessous on passe en revue les éléments clés d'un cadre scientifique et certaines des importantes considérations pour traiter de la question centrale de la biodiversité qui se trouve dans une biorégion.

Au total, 20 études de cas ont été évaluées au moyen d'un questionnaire et d'une analyse documentaire afin de mieux comprendre les types de modèles de répartition biotiques et abiotiques, les systèmes spécialisés et ceux actuellement utilisés dans la région du Pacifique pour décrire la diversité des espèces et leur habitat dans les milieux pélagiques et benthiques des eaux marines canadiennes du Pacifique et pour comprendre les exigences relatives aux données et les lacunes. Ces renseignements, enrichis d'information provenant de la littérature scientifique, sont résumés pour les milieux pélagiques et benthiques. Le but premier de l'évaluation consistait à comprendre la situation actuelle de la région du Pacifique au regard de l'application et de l'élaboration de méthodes pour produire des données visant à cartographier la diversité des espèces et de leur habitat dans ces milieux.

La figure 2 présente un aperçu conceptuel de la situation actuelle de la région du Pacifique à l'égard d'une telle cartographie. Plusieurs types de données de sondage sont utilisés pour tirer des renseignements abiotiques et biotiques dans les eaux du Pacifique, notamment des données de rétrodiffusion acoustique par échosondeurs multifaisceaux, des données optiques ainsi que de données sur la propriété de l'eau. Elles ont été employées dans de nombreux modèles de répartition des espèces et de répartition abiotique, schémas de classification écologique selon la méthode Delphi et modèles de classification des habitats, puis les résultats tirés de ces modèles, schémas et systèmes ont été utilisés dans diverses combinaisons pour produire des cartes de la biodiversité dans la région du Pacifique. L'évaluation de l'étude de cas a démontré que :

1) la cartographie des espèces et de leur habitat dans cette région tend à contenir des projections uniques axées sur une seule espèce au moyen d'ensembles de données relativement dysfonctionnelles;
2) aucun système de classification de l'habitat n'a été utilisé dans les milieux benthiques et pélagiques;
3) quelques modèles différents de répartition des espèces ont été utilisés dans la région sans directive précise à l'égard des meilleures pratiques ou d'une application structurée;
4) relativement peu de recherche a été concentrée sur la diversité des milieux pélagiques;

5) de grandes lacunes dans les données acoustiques, particulièrement dans l'interprétation de la rétrodiffusion (c.-à-d. type de fond) limitent une description suffisante de la diversité des milieux benthiques.

Les éléments clés d'un cadre biogéographique scientifique comprennent :

1) la prise en compte de la diversité des espèces et de l'habitat tant dans les milieux pélagiques que benthiques;
2) la connaissance des objectifs de gestion et des exigences spatiales qui y sont associées;
3) l'application d'une suite d'outils pour analyser et résumer les données biotiques et abiotiques;
4) l'identification des sources importantes de données et des lacunes.

Diversité biotique et abiotique dans les milieux pélagiques et benthiques

Un cadre de travail biogéographique doit refléter l'échelle de l'application et traiter des principales caractéristiques écologiques tant dans les milieux pélagiques que benthiques. Bien qu'ils soient examinés séparément, ces milieux sont liés (MPO 2009) et, par conséquent, l'approche se veut plus pragmatique qu'idéale au plan écologique. Au fur et à mesure que progresse la subdivision, l'information concernant l'occurrence et l'aire de répartition des espèces devient de plus en plus importante pour la délimitation des unités; ainsi, les niveaux successifs de subdivision nécessitent de plus en plus de données (MPO 2009).

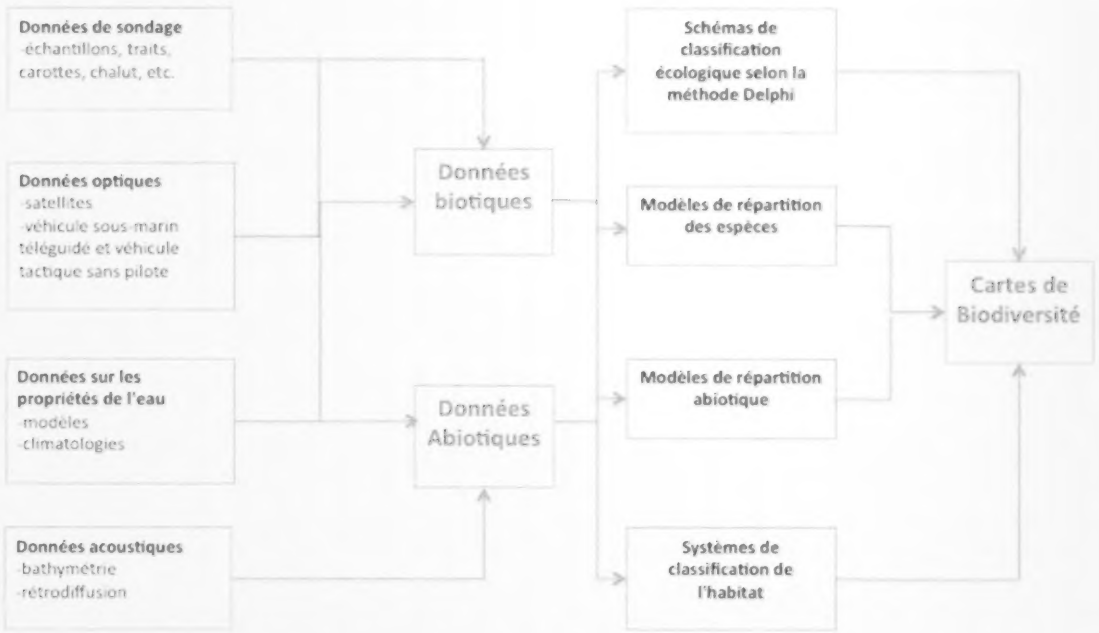

Figure 2. Liens actuels entre les données, les modèles et les systèmes ainsi que les cartes de la biodiversité dans le Canada pacifique

Objectifs de gestion et exigences spatiales

Les approches de classification hiérarchique de l'habitat, notamment la modélisation écosystémique et les schémas de classification écologique, sont des outils permettant de réaliser un ensemble donné d'objectifs (Lund et Wilber 2007). Un élément critique du cadre de travail consiste à ce que les gestionnaires établissent clairement leurs objectifs et leurs exigences en matière de données sur la biodiversité, puisque cette information guidera le choix des outils, et qu'ils déterminent la qualité et le type de données requises. Les objectifs de gestion ou stratégiques fournissent également des indications sur le niveau de subdivision des unités à plus petite échelle qui doit être atteint au moyen du cadre.

Outils d'analyse et de cartographie de la diversité biotique et abiotique

Modèles de répartition des espèces

Dans les systèmes marins, on décrit généralement la répartition des espèces au moyen d'une modélisation de la répartition des espèces. Les modélisations les plus publiées examinent des taxons vertébrés dont les individus sont de grande taille, comme les poissons et les mammifères marins; si peu de modélisations ont été faites sur les zooplanctons, les invertébrés benthiques et les phytoplanctons, c'est vraisemblablement en raison du peu de façons d'illustrer adéquatement la dynamique à la haute résolution requise pour ces taxons. La modélisation de la répartition des espèces suppose que le milieu abiotique exerce un contrôle dominant sur la répartition naturelle d'une espèce. Une modélisation fondée sur la présence et l'absence de données sera plus susceptible de refléter la répartition existante d'une espèce, ou niche réalisée, alors qu'une modélisation de la répartition des espèces fondée sur la seule présence de données sera plus susceptible de décrire la répartition éventuelle d'une espèce (Palialexis *et al.* 2011). Ces auteurs ont également conclu que les techniques qui se fondent sur des indicateurs de présence ou d'absence sont généralement plus exactes pour prédire les répartitions d'espèces, particulièrement lorsqu'elles proviennent de sondages spécialement conçus et qu'elles ont recours à un « nombre suffisant » de variables abiotiques de haute résolution. Une vaste gamme de modélisations de la répartition des espèces a été utilisée dans le cadre d'études marines, notamment des modèles additifs généralisés, des modèles additifs généralisés à effets mixtes, les techniques de l'arbre de régression, les analyses à plusieurs variables et régressions spline, l'entropie maximale, des machines à vecteurs de support, algorithme génétique pour produire un ensemble de règles, modèle de pointages d'enveloppe, modèles d'enveloppe bioclimatique, distances environnementale et réseau neuronal associatif et réseau d'ensembles artificiel. Palialexis *et al.* (2011) ont souligné que l'efficacité d'ajustement et la capacité de prévision qui caractérisent une modélisation sont largement tributaires de la qualité des données utilisées. Bien qu'un certain filtrage sera requis pour sélectionner les modèles appropriés, la modélisation est essentielle à la cartographie spatiale de la diversité des espèces dans les milieux pélagiques et benthiques.

Modèles de répartition abiotique

Les modèles de répartition abiotique segmentent les propriétés marines abiotiques continues dans les régions ou les unités où les conditions environnementales sont similaires et, pourtant, assez différentes pour mériter que les régions avoisinantes les qualifient de régions distinctes. On croit que ces unités reflètent des différences au titre des caractéristiques biologiques au niveau de l'espèce ou à un plus haut niveau, celui de la communauté, selon l'hypothèse que les différences dans les propriétés abiotiques mèneront à des changements distincts au titre de la composition biotique. Ces concepts sont discutés dans le cas des milieux benthiques et sont censés être aussi pertinents dans le cas des milieux pélagiques. Cependant, les liens entre les espèces et l'environnement sont rarement linéaires, et la littérature marine fournit quelques exemples démontrant une vérification convaincante de la substitution espèces-habitat en raison d'un mésappariement entre les échelles spatiales des variables abiotiques et biotiques utilisées

dans les modèles et les analyses ou encore en raison de la complexité inhérente au système marin qui ne peut être expliquée avec un simple paradigme comme la substitution espèce-habitat (Brown *et al.* 2011). En fin de compte, la modélisation de la répartition abiotique peut fournir des modèles environnementaux et offrir un point de départ pour comprendre et cartographier la diversité de l'habitat. Néanmoins, peu importe comment on analyse ou combine les couches de données biotiques, à un certain point, il est nécessaire de les combiner aux données biotiques pour obtenir une carte réaliste de l'habitat (Brown *et al.* 2011). .

Schémas de classification écologique selon la méthode Delphi

Des processus modifiés de la méthode Delphi (ou axés sur les spécialistes) ont été employés au Canada, en Australie et aux États-Unis pour déterminer les aires marines de ces trois pays qui devraient faire l'objet d'une plus grande gestion. Les couches thématiques produites par le processus d'identification des zones d'importance écologique et biologique (ZIEB) au Canada, qui constitue une approche de classification selon la méthode Delphi, ont fourni des données biotiques sur les espèces de poissons, d'invertébrés, d'oiseaux, de mammifères marins, de reptiles et des données abiotiques sur les caractéristiques océanographiques. Le processus d'identification des ZIEB, tel qu'il a été appliqué dans les eaux canadiennes du Pacifique, a utilisé un grand nombre d'ensembles de données biotiques établies par des experts régionaux pour déterminer la conformité entre les zones d'importance biologique et les caractéristiques océanographiques notamment le mélange vertical des eaux en raison des courants de la marée, la stratification thermique des eaux et la stratification par la salinité, le panache du fleuve Fraser, les fronts biologiques. La valeur de la méthode employée pour l'identification des ZIEB réside dans le fait qu'on a utilisé de multiples données sur les taxons et des renseignements abiotiques pour subdiviser de grandes unités biogéographiques. Cependant cette méthode est limitée, car elle se concentre sur les volets de l'unicité, de la concentration, des conséquences sur le succès reproducteur, de la résilience et du caractère naturel plutôt que sur la répartition pélagique des espèces et de l'habitat. Le processus d'identification des ZIEB a permis de repérer des ZIEB dans trois des quatre biorégions de la côte canadienne du Pacifique, qui inclut le plateau nord, le plateau sud et le détroit de Georgia. Le processus d'identification des ZIEB s'est révélé une manière assez rapide pour établir un système complexe de classification produisant moins d'erreurs d'analyse et d'interprétation des ensembles de données du fait des indications données par les spécialistes sur place. Le recours à de tels experts est important, car ils comprennent les limites et la subjectivité dans la collecte de données, particulièrement au titre des modèles spatiaux et temporels. Les spécialistes sont également précieux pour fournir un avis sur les données qui demeurent dans le cadre des ententes de confidentialité, car ce ne sont pas toutes les sources qui sont accessibles publiquement.

L'application de tout outil qui a été examiné (modélisation de la répartition des espèces, modélisation de la répartition abiotique, modèles selon la méthode Delphi) entraînera des questions à savoir lequel utiliser pour répondre à une grande variété d'objectifs stratégiques et de gestion. À l'heure actuelle, l'orientation sur la contrepartie de chaque type de modèle, c'est-à-dire quand utiliser le modèle abiotique, la modélisation de la répartition des espèces ou la méthode Delphi, est très limitée. Il faudrait donc élaborer des méthodes et des protocoles normalisés tant à l'appui de la collecte des données qu'à celle des exigences d'application de ces outils pour les utiliser dans la région du Pacifique.

Systèmes marins de classification écologique

Les systèmes de classification de l'écologie marine placent les données de répartition des espèces et de l'habitat dans un contexte écologique et de gestion. La plupart des schémas de classification marine évaluent les variables abiotiques et biotiques dans une région, puis attribuent une appellation normalisée pour décrire les subdivisions. Un système de classification

de l'habitat marin efficace utilise une terminologie normalisée, des données organisées de manière logique et permet de codifier des caractéristiques pour l'analyse par le système d'information géographique. Tous les systèmes de classification nécessitent des appellations et des codages cohérents pour organiser les données, afin de faciliter des communications efficaces pour les utilisateurs. Les systèmes les plus efficaces sont organisés selon une structure emboîtée, le plus haut niveau décrivant une grande échelle (générale) de caractéristiques abiotiques (p. ex. plateau continental) et les niveaux suivants de la hiérarchie décrivant les caractéristiques et la résolution spatiale plus en détail (p. ex. lit de zostère). Le nombre de classes et de niveaux dans une hiérarchie dépend de l'hétérogénéité biologique et physique du milieu marin, de la disponibilité des données ainsi que de l'échelle et de la résolution spatiales déterminées par les objectifs de la projection. Ainsi, les zones côtières et marines peuvent être classifiées et cartographiées aussi étroitement ou largement que les données et les objectifs le permettent. Enfin, un système de classification de l'écologique marine doit être vu comme un outil évolutif de normalisation du jargon technique et d'organisation des renseignements écologiques pour en faciliter la gestion des écosystèmes (Lund et Wilbur 2007).

Un système de classification d'écologie marine efficace comporte quatre composantes principales :

- l'intégration tant des descriptifs abiotiques que biotiques et des variables pour décrire les subdivisions écologiques;
- le classement hiérarchique, l'utilisation des données abiotiques pour classifier des caractéristiques générales (p. ex. canyon sous-marin) au haut de la hiérarchie et des données plus biotiques pour classifier les caractéristiques plus particulières à des niveaux inférieurs de cette hiérarchie (p. ex. herbier de zostère);
- une nomenclature normalisée pour décrire les subdivisions abiotiques et biotiques;
- aucune production de nouvelles sous-unités provenant de données d'observation ou modélisées; le système ne fait que simplement décrire les caractéristiques écologiques.

Système de classification de l'écologie marine du pacifique (SCEMP)

Selon l'examen des études de cas de l'habitat marin de la région du Pacifique, aucun système de classification écologique n'a été utilisé de manière constante et systématique dans les milieux pélagiques et benthiques. En conséquence, les outils actuellement employés pour décrire la diversité marine de cette région sont appliqués avec très peu de renvoi à des systèmes de classification voire aucun.

Les renseignements tirés des modèles de répartition des espèces et de répartition abiotique ou des schémas selon la méthode Delphi doivent être traités dans un système de classification hiérarchique au niveau écosystémique pour adéquatement cartographier la diversité biotique et abiotique ainsi que pour faciliter la comparaison des données sur la diversité à l'intérieur des biorégions côtières du Pacifique et entre elles. Plusieurs cadres hiérarchiques sont proposés dans la littérature, mais la clé pour poursuivre consiste à choisir un système de classification qui :

1) est conçu en tenant compte des écosystèmes,
2) est actuellement utilisé et
3) fournit de l'information sur l'étendue et la résolution spatiales requises par les gestionnaires de ressources.

L'élaboration et la mise en place d'un système de classification hiérarchique au niveau écosystémique constituent la composante centrale d'un cadre scientifique biogéographique des zones marines de la région du Pacifique. En 2010, Last *et al.* ont élaboré un cadre de travail hiérarchique pour classifier la biodiversité des fonds marins australiens. Lors de la réunion régionale d'examen par les pairs, cette approche ainsi qu'un schéma utilisé dans la région des Maritimes (Greenlaw *et al.* 2013) ont servi de modèles pour établir le prototype du système de classification de l'écologie marine du Pacifique pour les eaux marines de cette région (tableau 1). Le SCEMP présente les caractéristiques de celui que proposent Last *et al.* (2010), car il reconnaît explicitement l'influence globale des modèles de biodiversité à petite échelle et saisit la dépendance des échelles ainsi que l'organisation hiérarchique du biote tant dans les milieux pélagiques que benthiques. À chaque niveau hiérarchique, des attributs et des substituts sont définis pour refléter l'échelle et la portée des processus biogéographiques et écologiques qui déterminent la répartition spatiale et temporelle du biote marin. Le SCEMP comprend une hiérarchie à plusieurs niveaux, allant des biorégions jusqu'aux communautés de micro-organismes et les échelles spatiales qui leur sont associées (étendue et résolution) et emploie une terminologie et des descripteurs des milieux benthiques et pélagiques normalisés élaborés pour les eaux marines canadiennes du Pacifique. Même si le SCEMP se fonde sur des systèmes similaires de classification écologique qui ont fait leurs preuves dans des milieux terrestres et d'autres milieux marins, et qu'il devrait présenter la diversité abiotique et biotique des eaux marines canadiennes du Pacifique, son rendement n'a pas encore été évalué à l'heure actuelle.

Les études de cas ont révélé des lacunes et des problèmes à l'égard des données et des modèles. Des données abiotiques et biotiques provenant de diverses sources, notamment d'organismes gouvernementaux, sectoriels, universitaires ainsi que de groupes communautaires, sont nécessaires pour alimenter les modèles, les schémas et les systèmes. Pour que la collaboration soit efficace à cette échelle, des normes devront être adoptées pour la collecte, la gestion, le stockage et l'accessibilité des données. Par ailleurs, il est nécessaire d'effectuer une analyse des lacunes et du chevauchement dans les données actuellement recueillies pour déterminer où des investissements dans l'acquisition de nouvelles données sont requis. Actuellement, il existe une vaste littérature en évolution sur l'utilisation de modèles de répartition des espèces, mais aucune directive normalisée ne pointe sur les modélisations de répartition des espèces les plus « appropriées » pour produire des données visant à cartographier la biodiversité dans la région du Pacifique. Il est nécessaire de mettre à l'essai de nombreuses modélisations utilisant les mêmes ensembles de données abiotiques et biotiques pour comprendre leur utilité dans le contexte de cette région. L'élaboration de modèles de répartition abiotiques testés avec des données biotiques serait très avantageuse pour la cartographie de la biodiversité biotique tant des milieux benthiques que pélagiques.

Sources d'incertitude

On s'attend à ce que les lacunes dans les connaissances et l'incertitude liée aux données constituent des défis lors de la mise en place du SCEMP. Il faudra mener des études supplémentaires et recueillir davantage de données pour combler ces lacunes.

Les systèmes de classification d'écologie marine ne captent pas bien la composante temporelle. Le changement temporel peut être facilité par l'ajout de variables à la classification et par l'adoption d'un processus de mise à jour constante du système.

CONCLUSIONS ET AVIS

L'élaboration d'un cadre de travail biogéographique visant à découper les quatre biorégions majeures des eaux marines canadiennes du Pacifique en unités plus petites, mais significatives sur le plan écologique, sont décrits dans un prototype de système de classification d'écologie marine du Pacifique (SCEMP). Le SCEMP a été élaboré selon une terminologie et des descriptifs normalisés des milieux pélagiques et benthiques, ainsi que selon des renseignements relatifs à l'étendue spatiale et à la résolution des données pour chaque niveau de la hiérarchie. On s'attend à ce que ce système soit représentatif de la diversité abiotique et biotique des eaux marines canadiennes du Pacifique parce qu'il se fonde sur les systèmes de classification écologique similaires qui ont fait leurs preuves dans des milieux terrestres et d'autres milieux marins. Le SCEMP comprend une hiérarchie à plusieurs niveaux, allant des biorégions jusqu'aux communautés de micro-organismes ainsi que les échelles spatiales qui leur sont associées (étendue et résolution).

Les éléments clés d'un cadre biogéographique scientifique comprennent :

1) la prise en compte de la diversité des espèces et de l'habitat tant dans les milieux pélagiques que benthiques;
2) la connaissance des objectifs de gestion et des exigences spatiales qui y sont associées;
3) l'application d'une suite d'outils pour analyser et résumer les données biotiques et abiotiques;
4) l'identification des sources importantes de données et des lacunes;
5) l'application d'un système de classification hiérarchique de l'écologie.

Tableau 1. Prédéveloppement du système de classification de l'écologie marine du Pacifique (SCEMP) élaboré au cours de la réunion régionale d'examen par les pairs tenue du 12 au 14 février 2013.

Niveau	Unité	Échelle spatiale	Résolution spatiale	Descripteurs des milieux benthiques	Descripteurs des milieux pélagiques
0	Milieu	10 000 km	10 000 km^2	Unités géographiques à grande échelle, p. ex. Pacifique Nord	
1	Province	1 000 km	~100 km^2	Unités géographiques à grande échelle, p. ex. blocs continentaux, bassin et plaines abyssales.	Provinces zoogéographiques (p. ex. Oregonian, Aléoute)
2	Biorégions	1 000 km	~10-100 km^2	Succession distincte de caractéristiques océanographiques ou topographiques Les principaux agents biogéographiques contraignants qui définissent les biorégions varient d'un emplacement à l'autre. Définis par une combinaison de processus océanographiques physiques marqués (p. ex. courant côtier de l'île de Vancouver, tourbillon Juan de Fuca, courant d'Alaska) et des caractéristiques topographiques et bathymétriques (p. ex. plateau continental, pente continentale)	
3	Écosections	100-1000 km	~10-100 km^2	Les écosections sont essentiellement reliées aux processus océanographiques pélagiques abiotiques; d'autres recherches sont nécessaires pour étudier les relations avec les écosystèmes benthiques.	Processus océanographiques physiques étendus, distincts et récurrents et caractéristiques topographiques ou bathymétriques. Par exemple, le courant côtier de l'île de Vancouver et le tourbillon Juan de Fuca.
4	Bathozones	100-1000 km	~10 km^2	Zones littorales et infratidales, plateau continental, pente continentale, plaine abyssale	Zones néritique, épipélagique, mésopélagique, bathypélagique, abyssopélagique
5	Géozones	100 km	1-10 km^2	Zones cartographiables présentant une géomorphologie similaire du fonds marin, mais généralement un biote distinct (p. ex. monts sous-marins, canyons, bancs de roches, goulets).	Structures cartographiables selon les processus océanographiques, qui servent sans doute de substituts à différents assemblages biologiques (zones de mélange des marées, fronts, remontée des eaux).
6	Biotopes principaux	10-100 km	<1 km^2	Unités de substrat meuble, dur ou mixte nichées dans les unités géomorphologiques, en présence de leurs communautés biologiques associées	Combinaisons de données sur les propriétés physiques et chimiques de l'eau (température de la surface de la mer et salinité, oxygène dissous, stratification) et des communautés biologiques associées
7	Biotopes secondaires	100-1000 m	100 m^2	Unités biotiques et abiotiques substructurales à plus petite échelle caractérisées par ses types de substrat spécifiques (p. ex. gisements d'élevage, récifs d'éponge)	Combinaisons détaillées de données physiques sur l'eau décrivant les masses d'eau (p. ex. valeurs maximales de la chlorophylle, pycnocline)
8	Faciès biologique	100 m	<10 m^2	Unité essentielle à la gestion de la biodiversité Unités cartographiables servant de substituts à tous les niveaux ci-dessous (p. ex. espèces de phanérogames marines, groupe de coraux durs ou d'éponges)	Taxons pélagiques (mobiles) dont les descripteurs du faciès présentent moins d'information que les plantes sessiles et les animaux
9	Microcommunautés	10 m	< 1 m^2	Assemblages d'espèces qui dépendent d'espèces membres du faciès biologique, p. ex. communautés crampons du varech porte-poire	
10	Espèces	La discussion n'a pas porté plus avant sur niveaux les inférieurs de la hiérarchie, car à ces niveaux, les descriptions ne correspondent pas à la nature hiérarchique des descriptions benthiques et pélagiques des niveaux supérieurs.			
11	Populations				
12	Gènes				

La saisie et la documentation de l'incertitude et des facteurs s'y rapportant (p. ex. distorsion ou manque de données, manque de connaissances) à chaque étape de l'élaboration du cadre constituent des attributs importants au cadre biogéographique. Certaines des incertitudes ont été relevées lors de l'examen des études de cas et sont répertoriées par type de données (bathymétriques, acoustiques, optiques, types de fond, propriétés de l'eau, sondages des facteurs abiotiques et biotiques). Les procédures visant à traiter certaines de ces questions ont été discutées, mais il sera nécessaire d'élaborer des directives pour veiller à ce que les incertitudes soient documentées pour chacun des éléments clés au moment des essais et de la mise en place du SCEMP.

La capacité d'intégrer constamment de nouvelles données et les résultats de nouveaux modèles et de nouvelles connaissances constitue un attribut essentiel à la mise en place d'un cadre biogéographique. Pour continuer d'avancer dans ce processus, il sera nécessaire d'élaborer une directive sur la manière d'intégrer de nouveaux renseignements et de produire de nouveaux résultats appropriés du cadre.

Il existe une longue expérience en milieu terrestre de l'application de systèmes de classification écologique. Selon cette expérience, les systèmes de classification écologique s'appuient sur des normes communes de collecte, de stockage et de partage de données ainsi que sur une communauté de partenaires. Il sera nécessaire de recourir à de telles normes au moment de la mise en place du système.

Finalement, on observe des lacunes dans la coordination de la capacité de planification et de gestion géospatiale du système d'information géographique tant au MPO qu'à l'extérieur chez d'autres partenaires ou organismes. Combler cette lacune sera un important facteur pour la réussite de la mise en œuvre du SCEMP.

Recommandations

On recommande que le SCEMP soit considéré comme une directive de Sciences – Région du Pacifique à classifier la diversité biotique et abiotique dans les eaux marines canadiennes du Pacifique au moment où le MPO mettra en place les approches écosystémiques de la gestion.

On recommande que le rendement de ce système soit évalué au moyen des données existantes et de l'application de mesures appropriées (p. ex. fiabilité et stabilité des résultats).

On recommande également l'élaboration d'une méthode visant à intégrer les sources de données dans le prototype du SCEMP, en tenant compte des meilleures pratiques actuelles à l'égard de l'intégration de modèles, de la définition de l'incertitude ainsi que de l'analyse des lacunes ou du chevauchement (travail de collecte) des données.

Le MPO mène actuellement une recherche sur les tendances et les prévisions des changements climatiques et on recommande d'y avoir recours lors de l'évaluation du rendement du SCEMP proposé.

On recommande d'évaluer l'utilité du SCEMP par rapport aux objectifs de gestion à différentes échelles spatiales.

On recommande l'élaboration d'un programme pilote parallèle visant à évaluer le rendement de plusieurs outils (p. ex. les modèles de prévision des répartitions abiotiques et biotiques) au moyen d'ensembles de données abiotiques et biotiques identiques de haute qualité des eaux marines canadiennes du Pacifique.

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de la réunion régionale d'examen par les pairs tenue du 12 au 14 février 2013 sur le Cadre pour la classification biogéographique qui servira de base à la conception d'un réseau biorégional de zones de protection marine dans la région du Pacifique. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada.

Brown, C.J., Smith, S.J., Lawton, P. et Anderson, J.T. 2011. Benthic habitat mapping: A review of progress towards improved understanding of the spatial ecology of the seafloor using acoustic techniques. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 92 : 502-520.

MPO, 2009. Élaboration d'un cadre et de principes pour la classification biogéographique des zones marines canadiennes. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2009/056.

Greenlaw, M.E., Gromack, A.G., Basquill, S., MacKinnon, D., Lynds, A., Taylor, B., Utting, D., Hackett, J., Grant, J., Forbes, D., Savoie, F., Bérubé, D., Connor, K.J., Johnson, S.C., Coombs, K.A., et Henry, R. 2013. Une classification côtière physiographique pour la biorégion du plateau néo-écossais et des environs : la côte néo-écossaise et la côte du Nouveau-Brunswick de la baie de Fundy Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2012/051. iv + 43 p.

Last, P.R., Lyne, V.D., Williams, A., Davies, C.R., Butler, A.J., and Yearsley, G.K. 2010. A hierarchical framework for classifying seabed biodiversity with application to planning and managing Australia's marine biological resources. Biol. Conserv. 143: 1675-1686.

Lund, K. and Wilbur, A.R. 2007. Habitat classification feasibility study for coastal and marine environments in Massachusetts. 2007. Massachusetts Office of Coastal Zone Management. Boston. MA. 31 p.

Palialexis, A., Georgakarakos, S., Karakassis, I., Lika, K., and Valavanis, V.D. 2011. Prediction of marine species distribution from presence-absence acoustic data: comparing the fitting efficiency and the predictive capacity of conventional and novel distribution models. Hydrobiologia. 670 : 241-266.

Rice, J.C. and Houston, K. 2011. Representativity and marine protected areas. Aquat. Cons: Mar. Fresh. Ecosys. 21: 649-657.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada
3190, chemin Hammond Bay, Nanaimo (C.-B.) V9T 6N7

Téléphone: (250) 756-7208
Courriel: CSAP@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2013

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2013. Éléments clés de l'élaboration d'un système de classification hiérarchique de l'écologie marine à l'appui d'approches écosystémiques de gestion dans le Canada Pacifique. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2013/065.

Also available in English :

DFO. 2013. Key elements in the development of a hierarchical marine ecological classification system to support ecosystem approaches to management in Pacific Canada. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2013/065.